

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 145 (1994)

Heft: 10

Artikel: Mechanisierung der Holzernte in Hanglagen : Schreitgeräte als Trägerplattformen für die Vollerntetechnik

Autor: Thees, Oliver

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-766632>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 05.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Mechanisierung der Holzernte in Hanglagen – Schreitgeräte als Trägerplattformen für die Vollerntertechnik¹

Von *Oliver Thees*

FDK 36: 37: 945.4: (23)

1. Herausforderungen für die Holzernte im Gebirgs- und Schutzwald

Die Holzernte im steilen Gelände ist wegen der ungünstigen Arbeitsbedingungen teuer, körperlich anstrengend und gefährlich. Das gilt vor allem für die Arbeiten mit der Motorsäge. Im Schutzwald müssen die Pflegearbeiten ausserdem besonders schadensarm erfolgen und erfordern somit zusätzlichen Aufwand. Die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit, die Erleichterung der Arbeit und die Umweltverträglichkeit sind weltweit wichtige Bedürfnisse bei der Pflege und Nutzung der Gebirgswälder. Nicht zuletzt deshalb haben diese auch Eingang gefunden in die Agenda-21 (Kapitel 13) der Umweltkonferenz in Rio de Janeiro, welche die nachhaltige Entwicklung und Bewirtschaftung der empfindlichen Ökosysteme der Berggebiete fordert (*Anonymous* 1992).

Ein Schlüssel für die Lösung der Probleme liegt in der Mechanisierung der Holzerntearbeiten. Gefährliche und schwere Arbeiten könnten der Maschine überlassen und überdies auch kostengünstiger ausgeführt werden, wie dies in vielen anderen Branchen schon lange der Fall ist.

2. Probleme im befahrbaren Gelände durch Vollmechanisierung gelöst

Für das mit Forstmaschinen befahrbare Gelände wurden bereits vollmechanisierte Holzernteverfahren entwickelt. Dabei handelt es sich in erster Linie um die Vollerntertechnik nach skandinavischem Modell. Vollernter sind Holzerntemaschinen, die viele Teilarbeiten, vom Fällen des Baumes bis hin zum geordneten Ablegen der Holzsortimente für den anschliessenden Transport an die Waldstrasse, in einem Arbeitsgang ausführen können. Kernstück der Technik ist das Vollernteraggregat (*Abbildung 1*). Ein Kran bringt das

¹ Nach einem Referat, gehalten am 26. Januar 1994 anlässlich des «Forums für Wissen» an der WSL, Birmensdorf.

Aggregat an den Baum heran, das dann den Stammfuss mit den Entastungsmessern und den Vorschubwalzen umklammert. Danach wird der Baum abgesägt und kontrolliert zu Fall gebracht. Anschliessend wird er mit Ästen und Krone auf die Fahrtrasse gehoben. Hier entastet das Aggregat den Stamm, vermisst ihn, schneidet ihn ein und legt die Sortimente geordnet ab. Der Zeitaufwand für diesen Prozess beträgt pro Baum ungefähr eine Minute. Die Vollerntertechnik ist wirtschaftlicher und für die Arbeiter wesentlich ungefährlicher als herkömmliche Holzerntetechniken. Darüber hinaus kann die Holzernte auch schonender für die Umwelt durchgeführt werden. Der Einsatz von Vollerntern hat seit Ende der achtziger Jahre in Mitteleuropa, begünstigt durch die Sturmkatastrophe im Jahre 1990, grosse Verbreitung gefunden.

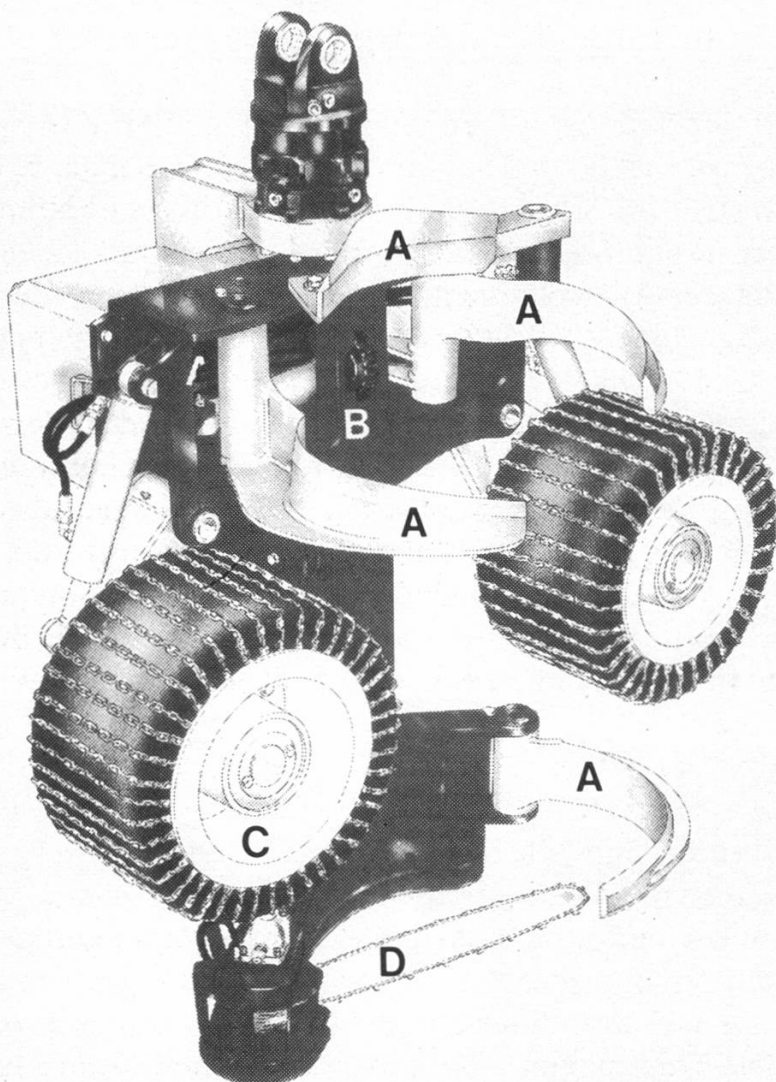


Abbildung 1. Vollernteraggregat. A: Entastungsmesser; B: Längenmessrad; C: Vorschubwalzen; D: Kettensäge. (Aus Prospekt «LogMax» der Firma Grangärde Maskin AB, Grangärde.)

3. Bisher keine bahnbrechenden Neuerungen für die steilen Hanglagen

Grosse Teile des Gebirgswaldes sind mit Forstmaschinen nicht befahrbar. Vor allem die Hangneigung, aber auch die Bodentragfähigkeit und die Bodenrauheit (Hindernisse) schränken die technische Befahrbarkeit ein. Bahnbrechende Neuentwicklungen der Forsttechnik haben hier in den letzten Jahren nicht stattgefunden. Es dominieren immer noch Holzerntetechniken mit einem hohen Anteil an Handarbeit. Die Baumbearbeitung (Fällen, Entasten, gegebenenfalls Entrinden, Einschneiden) erfolgt in der Regel im Bestand. Bis auf das Entrinden werden alle Arbeiten mit der Motorsäge ausgeführt.

Das schwer zugängliche Gelände ist das Grundproblem bei der Mechanisierung der Holzernte in steilen Hanglagen. Hierdurch ergeben sich sowohl für die Baumbearbeitung als auch für den anschliessenden Transport des Holzes an die Waldstrasse besondere Anforderungen. Die Mechanisierung der Transportprozesse basiert heute in der Hauptsache auf den Techniken der Seilbringung (konventionelle und mobile Seilkräne, Traktorseilwinde). Um die Baumbearbeitungsprozesse zu mechanisieren, gibt es grundsätzlich zwei Strategien. Entweder man bringt den Baum zur Maschine oder die Maschine zum Baum.

Die erste Strategie – Baum zur Maschine – wird im nicht befahrbaren Gelände mit der Aufarbeitung von Vollbäumen durch Prozessoren auf der Waldstrasse bereits seit längerer Zeit verfolgt. Prozessoren sind Maschinen, die lediglich entasten und einschneiden können. Die Aufarbeitung von Vollbäumen mit Prozessoren auf der Waldstrasse hat vor allem in Österreich Verbreitung gefunden. Der funkferngesteuerte Mobilseilkran mit aufgebautem Kranprozessor ist der letzte Stand dieser Entwicklung. Er verkörpert das Holzerntesystem mit dem höchsten Mechanisierungsgrad, das derzeit bei der Holzernte am Hang praktiziert wird. Der Vorteil dieser Lösung liegt vor allem im Bereich der Arbeitssicherheit. Es muss nicht mehr unter den schwierigen Bedingungen des Hanges mit der Motorsäge entastet und eingeschnitten werden. Nachteilig ist dagegen, dass

- das Fällen nach wie vor mit der Motorsäge ausgeführt wird,
- die Kostenvorteile gegenüber der traditionellen Aufarbeitung im Bestand oft nur gering sind,
- ökologische Probleme infolge der Vollbaumnutzung auftreten können,
- der Anfall von Ast- und Kronenmaterial auf der Waldstrasse Entsorgungsprobleme geben kann.

Die ökologischen Probleme der Vollbaumnutzung können auftreten als Nährstoffverlust infolge des Biomasseentzuges und als Risiko hoher Transportschäden in Form von Baumverletzungen am verbleibenden Bestand.

Die zweite Strategie – Maschine zum Baum – ist zwar in steilen Hanglagen die am meisten verbreitete Lösung, allerdings bei nur geringem Mechanisierungsgrad auf Basis der Motorsäge. Ein höherer Mechanisierungsgrad

erschien bisher als zu schwierig und nicht realisierbar. Neuere Entwicklungen greifen jedoch diese Strategie auch für das nichtbefahrbares Gelände auf. Dies zeigt der folgende Lösungsansatz.

4. Der Schreitvollernter als Lösungsansatz

Eine Lösungsidee zur Mechanisierung der Fällung und Aufarbeitung im steilen Gelände besteht darin, die bewährte Vollerntertechnik auch am Hang einzusetzen. Dabei stellt sich die grundsätzliche Frage, ob und wie sich ein Vollernter am Hang bewegen kann. Radfahrgestelle gelangen hier schnell an die Grenzen ihrer Einsatzmöglichkeiten. Als in der Falllinie befahrbar gelten normalerweise Hangneigungen bis zu etwa 30 %. Raupenfahrgestelle können auch grössere Hangneigungen bewältigen. Aktuelle Entwicklungen zielen zwar darauf ab, die Geländegängigkeit der Radfahrgestelle der Vollernter durch hydraulisch steuerbare Einzelräder zu verbessern. Das Einsatzspektrum im steilen Gelände lässt sich so aber wahrscheinlich nur in beschränktem Mass ausdehnen.

Schreitgeräte allerdings, wie sie im Prinzip von den im Alpenraum zu Bauzwecken eingesetzten Schreitbaggern her bekannt sind, könnten sich wegen ihrer grossen Geländegängigkeit als Trägerplattformen für die Vollerntertechnik eignen. Die wichtigsten Vorteile der Schreittechnik gegenüber Rad- und Raupenfahrzeugen lassen sich aus forstlicher Sicht wie folgt zusammenfassen:

- Bewältigen von grösseren Hangneigungen,
- Überschreiten von Hindernissen,
- verringerte Schäden am Boden.

Diese Vorteile bewirken eine hohe Flexibilität für unterschiedliche Bewegungsstrategien im Gelände. Das Grundproblem der Mechanisierung am Hang könnte mittels der Schreittechnik gelöst und eine Vollmechanisierung der Fällung und Aufarbeitung ermöglicht werden. Der Lösungsansatz versucht also zwei vorhandene Technologien – Schreitgeräte und Vollerntertechnik – zu einer neuen, hochmechanisierten Holzerntemaschine für Hanglagen zu kombinieren (*Abbildung 2*). Sie wird im folgenden als Schreitvollernter bezeichnet.

5. Forschungsbedarf liegt primär beim Schreitgerät und seinem Einsatz

Bei der neuen Gerätekonfiguration stellt die Vollerntertechnik eine bewährte Basistechnologie dar. Vollernteraggregate und Kräne können auch am Hang vermutlich ohne grössere Probleme eingesetzt werden. Die Techno-

logie der Schreitgeräte ist dagegen weniger weit entwickelt. Zwar ist das Schreitgerät in seiner Form als Schreitbagger auch eine ausgereifte Maschine. Die Eignung der heutigen Schreitbaggerplattform für den Vollerntereinsatz am Hang ist jedoch stark eingeschränkt. Zum einen ist der Maschinist mental sehr stark belastet und zum anderen ist die im Gelände erreichbare Geschwindigkeit des Gerätes beim Schreiten sehr gering. Eine Lösung für diese Probleme liegt in der Weiterentwicklung zu roboterartigen Schreitgeräten. Bei diesen ist die Fortbewegung teilweise automatisiert. So sind sie beispielsweise in der Lage, Hindernisse selbständig zu erkennen und darauf zu reagieren. Der Maschinist wird entlastet und kann sich auf die Arbeit mit dem Vollernteraggregat konzentrieren. Allerdings existieren derzeit keine für die Forstpraxis tauglichen Geräte dieser Art.

Daneben ist noch völlig ungeklärt, welche Arbeiten und Bewegungen das Schreitgerät als Trägerplattform für die Vollerntertechnik beherrschen muss.

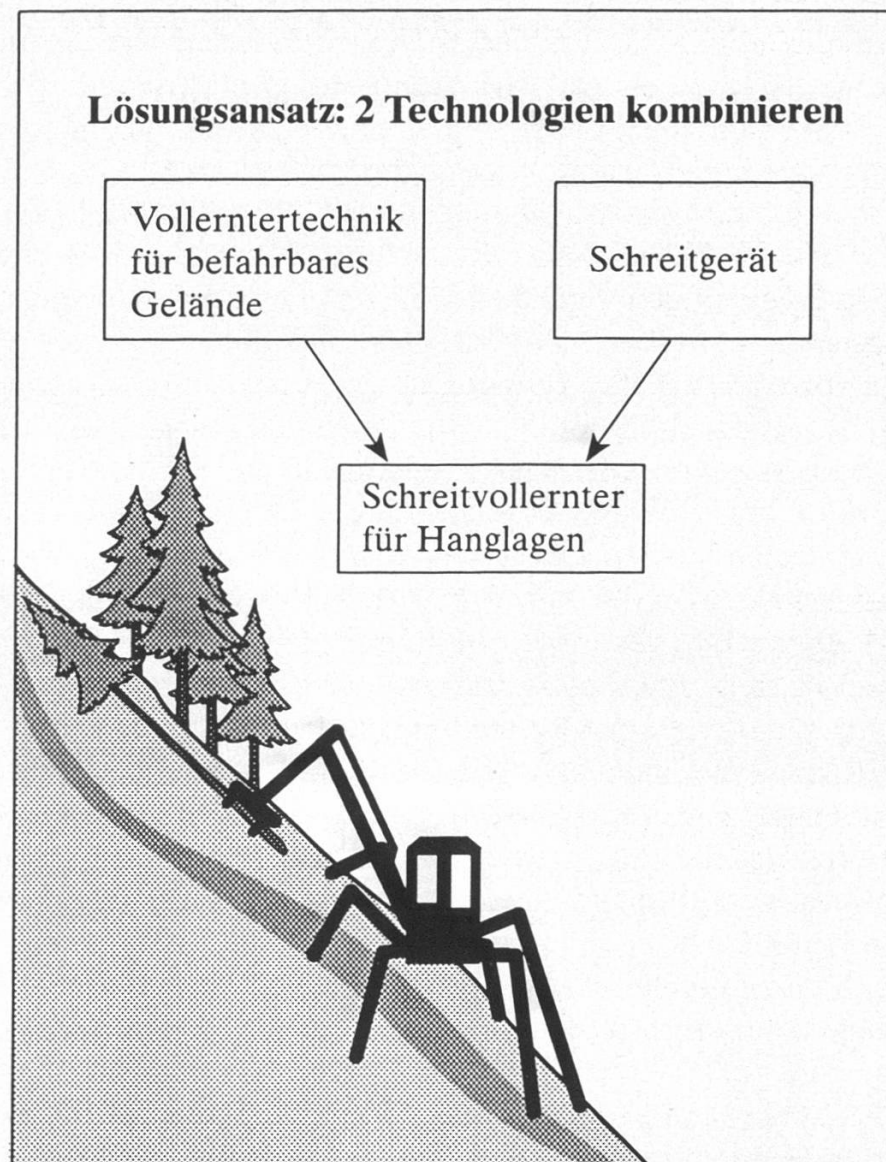


Abbildung 2.
Der Schreitvollernter als Lösungsansatz für die Holzbearbeitung im steilen Gelände. Zwei vorhandene Technologien – Schreitgeräte und Vollerntertechnik – werden kombiniert; daraus entsteht der Schreitvollernter.

Unter anderem stellen sich folgende Fragen: In welchem Gelände und in welchen Beständen soll das Schreitgerät arbeiten? Welche Bewegungsstrategien erfordern die waldbaulichen Modelle für die Bestände im steilen Gelände? Wie soll das Holz an die Waldstrasse transportiert werden? Welche Auswirkungen auf Mensch, Umwelt und Wirtschaftlichkeit sind tolerierbar? Diese Fragen betreffen einerseits die Bedürfnisse der Waldwirtschaft und andererseits die technischen Möglichkeiten der Schreitgeräte und die Gestaltung ihres Einsatzes. Daher ist es notwendig, die Anforderungen, die an das Schreitgerät gestellt werden, in konkreter Form festzulegen, die Grenzen des Einsatzes zu bestimmen und zweckmässige Einsatzkonzepte zu entwickeln.

6. Wie weit sind Forschung und Entwicklung?

Man kann zwischen rein manuell gesteuerten und roboterartigen, «intelligenten» Schreitgeräten unterscheiden. Letztere verfügen über spezielle elektronische Systeme, die die Steuerung der Maschine bei der Bewegung im Gelände unterstützen.

Bei den *rein manuell gesteuerten Schreitgeräten (Schreitbagger)* handelt es sich um eine regionale Spezialentwicklung für Bauarbeiten im alpinen Raum, die von den Firmen Kaiser/Liechtenstein und Menzi/Schweiz ausgegangen ist. Diese Maschinen wurden bereits Anfang der achtziger Jahre in den USA (Arola et al. 1981, Deal 1983, Hemphill 1983, Schiess et al. 1983, Schiess und Schuh 1985) auf ihre Eignung in der Holzernte, als Trägerplattformen für die Feller-Buncher-Technik im praktischen Einsatz untersucht. Feller-Buncher sind Maschinen, die Bäume fällen und sie zur Erleichterung des anschließenden Transportes gebündelt ablegen können. Eine Aufarbeitung der Bäume wie bei den Vollerntern ist mit den Feller-Buncher-Aggregaten allerdings nicht möglich. Das Arbeitsprinzip ist jedoch mit demjenigen der Vollernter vergleichbar. Die genannten Felduntersuchungen demonstrieren die Machbarkeit des Einsatzes in Durchforstungen und Kahlschlägen im steilen Gelände und vermitteln erste Vorstellungen über Arbeitsverfahren, Produktivität und Kosten. Eine japanische Studie (Sakai et al. 1991) beschreibt Laboruntersuchungen mit dem Modell (1:11) eines Schreitbaggers, der ebenfalls als Feller-Buncher ausgerüstet ist. Die Untersuchung quantifiziert den Einfluss wichtiger Parameter des Geländes, des Bestandes und auch möglicher Arbeitsverfahren auf die Leistung. Feld- und Laboruntersuchungen mit Schreitbaggern als Feller-Buncher zeigen, dass ihr leistungsmässiger Vorteil gegenüber Holzerntetechniken mit der Motorsäge mit zunehmender Steilheit des Geländes wächst. Wegen ergonomischer und produktivitätsmässiger Nachteile hat die Lösung Schreitbagger als Trägerplattform für die Feller-Buncher-Technik den Durchbruch in der Praxis jedoch bisher nicht geschafft.

Als Trägerplattformen für die Vollerntertechnik werden Schreitbagger derzeit lediglich in Japan eingesetzt; entsprechende Untersuchungen sind uns nicht bekannt. *Abbildung 3* zeigt einen Prototyp eines Schreitbaggers, ausgerüstet mit Vollerntertechnik. Eine ähnliche Maschine der Firma Kaiser, ausgerüstet mit einem Starkholzaggregat, wurde bereits 1991 im Fürstentum Liechtenstein der Forstpraxis vorgeführt und anschliessend nach Japan exportiert.

«Intelligente», roboterartige Schreitgeräte wurden seit den sechziger Jahren in den USA entwickelt (Song und Waldron 1989, Todd 1985, Waldron *et al.* 1984, Waldron und McGhee 1986). Ein Prototyp einer Maschine, die im Gelände einsetzbar ist, wurde 1986 in den USA vorgestellt. Es handelt sich um das *Adaptive Suspension Vehicle (ASV)*, eine sechsbeinige, insektenähnliche Maschine für den Einsatz im nicht befahrbaren Gelände (*Abbildung 4*). Man hat sie mit sechs Beinen ausgerüstet, um einen kostengünstigen Kompromiss zwischen hoher Stabilität und hoher Geschwindigkeit zu gewährleisten. Die Maschine ist kein autonomer Roboter; sie wird von einem Maschinisten bedient. Dieser bestimmt mit einem einzigen Steuerknüppel lediglich Richtung und Geschwindigkeit. Das Navigations- und Steuerungssystem ermöglicht es, dass das Schreitgerät die gewünschte Bewegung selbständig ausführt. Es wurden sogar erste forstliche Felduntersuchungen mit dem ASV als simulierter Feller-Buncher durchgeführt (Stuart *et al.* 1992). Hierbei wurden auch die Auswirkungen auf den Boden und den Bestand untersucht. Die Autoren



Abbildung 3. Schreitbagger als Trägerplattform für Vollerntertechnik (Foto WSL).

kommen zum Schluss, dass im Vergleich mit Rad- und Kettenfahrzeugen die mechanisierte Holzernte mittels Schreitgeräten in steileres Gelände, unter gleichzeitiger Minimierung der Erosionsrisiken und der Bodenzerstörung, ausgedehnt werden könnte. Das ASV ist allerdings in seiner jetzigen Form nicht für den rauen, forstlichen Einsatz geeignet.

In Kanada betreibt das Petawawa National Forestry Institute (PNFI) in Zusammenarbeit mit dem Forest Engineering Institute (FERIC) sowie Applied AI Systems Ltd. ein Projekt, bei dem es um neue, konzeptionelle Lösungen für den umweltverträglichen Einsatz von Robotern in der Kultur- und Bestandespflege geht (Bestände aus künstlicher und natürlicher Verjüngung). Das erste Konzept für die Maschine sieht unter anderem eine sechsbeinige Schreitplattform und eine Navigation im Gelände mit Hilfe von GPS und GIS vor (*Kourts et al.* 1992). Im Rahmen des Projektes werden Maschinen konstruiert, um die Lösungskonzepte im Hinblick auf ihre Machbarkeit zu demonstrieren und praxistaugliche Prototypen zu entwickeln. Eine erste Testplattform existiert bereits. Eine ökonomisch arbeitende Maschine wird frühestens in 10 Jahren erwartet.

In der Schweiz entwickelt das Institut für Robotik der ETH Zürich ein «intelligentes» Schreitgerät (*Schweitzer und Werder* 1991). Dieser sogenannte roboTRAC, eine mobile Plattform mit zwei Beinen und zwei Rädern, ist für den Einsatz unter schwierigen alpinen Arbeitsbedingungen konzipiert. Auch die forstliche Anwendung wurde bereits in Erwägung gezogen. Es existieren ein Tischmodell sowie ein Prototyp eines Vorderbeines und eines Hinterwagens. Auch der roboTRAC soll von einem Maschinisten bedient werden, wobei ein Computer die Steuerung der Gehbewegungen unterstützt. Zu diesem Zweck wurde ein mit dem Maschinisten kooperierendes Sicherheitsüberwachungs- und Kontrollsystem entwickelt. Dabei steht die Kippstabilität als wichtige Rahmenbedingung aller Bewegungen der Plattform im Zentrum. Eine neuentwickelte Mensch-Maschine-Schnittstelle ermöglicht es, dass der Maschinist die Kippstabilität durch Kräfte auf seine Steuerelemente spürt. Der Maschinist kann so die Stabilität berücksichtigen, ohne seine visuelle Aufmerksamkeit von der Arbeitsszene abzuwenden (*Truninger* 1993).

In Finnland wird an der Universität Helsinki ein sechsbeiniges, unbemanntes Schreitgerät namens MECANT I für Forschungszwecke im unwegsamen Gelände entwickelt (*Halme et al.* 1993). Bei den Forschungen steht der forstliche Einsatz von Schreitgeräten im Mittelpunkt der zukünftigen Applikationen. Die finnische Forstmaschinenindustrie ist an dieser und anderen einschlägigen Entwicklungen stark beteiligt.

Die Entwicklung von roboterartigen Schreitgeräten wird auch in Japan vorangetrieben (*Vischer* 1993). An der Universität Tokyo werden Steuerungs- und Kontrollsysteme für Schreitgeräte untersucht, die in der Holzernte eingesetzt werden sollen (*Kobayashi mündlich*).

Peters (1991) diskutiert die Faktoren, die die Entwicklung eines «intelligenten», kommerziell nutzbaren Schreit-Feller-Bunchers behindern. Der Betrachtung liegt ein anspruchsvolles Pflichtenheft zugrunde, nämlich eine sechsbeinige Schreitplattform mit einem verbesserten Steuerungs- und Kontrollsystem des ASV. Die wichtigsten Faktoren sind:

- sehr hohe Kosten für Forschung und Entwicklung
- in der Praxis schwer zu erreichende Entwicklungsziele
- trotz grosser Fortschritte offene Fragen bei der elektronischen Steuerung
- zu erwartende Probleme bei der Unterhaltung der komplexen Steuerungssysteme
- die Härte des forstlichen Einsatzes
- mangelnde Erfahrung der Roboterentwickler im Design forstlicher Maschinen
- unrealistische Erwartungen der Manager der Forstbetriebe.

Diese kritischen Gesichtspunkte müssen bei einschlägigen Untersuchungen, die sich an der neuesten Schreitgerätetechnologie orientieren, berücksichtigt werden.

Der Stand der Forschung und Entwicklung der Schreitgeräte und ihr Einsatz in der Holzernte lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Es gibt mehrere empirische Untersuchungen über Schreitbagger, ausgerüstet mit Feller-Buncher-Technik; sie liefern Erfahrungen aus praktischen Versuchseinsätzen.
- Schreitbagger mit Feller-Buncher-Technik konnten sich in der Forstpraxis bisher nicht durchsetzen; Schreitbagger mit Vollerntertechnik werden derzeit kaum eingesetzt.

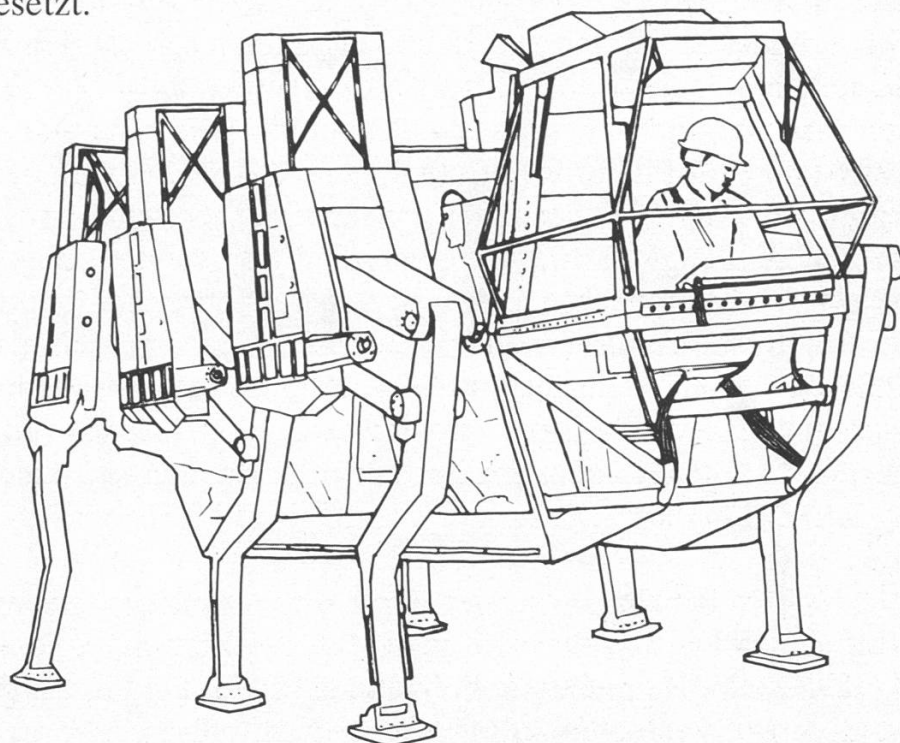


Abbildung 4.
Adaptive Suspension Vehicle.
(Umsetzung aus:
Song, S.-M.; Kenneth, J. W., 1989:
Machines That Walk. The Adaptive Suspension Vehicle. London, The MIT Press).

- Die Robotertechnik zur «intelligenten» Steuerung von Schreitgeräten im Gelände ist zwar weit entwickelt; es sind derzeit aber keine für die Forstpraxis tauglichen Prototypen von Schreitvollerntern vorhanden.
- Forschungsarbeiten über den vorgestellten Lösungsansatz, also über Technik und Einsatz von Schreitgeräten als Trägerplattformen für Vollernter, fehlen derzeit vollständig; insbesondere sind die theoretischen Grundlagen für diesen Einsatz von Schreitgeräten nicht aufgearbeitet, und es gibt keine Konzepte für den zweckmässigen Einsatz von Schreitvollerntern.

7. Welche Probleme müssen von der Forsttechnik bearbeitet werden?

Es ist eine Aufgabe der forsttechnischen Forschung, die Anforderungen an das Schreitgerät für seinen Einsatz in der Holzernte als Vollernter zu definieren und auf dieser Grundlage ein Konzept für die Gestaltung des gesamten Holzerntesystems zu entwerfen. Dabei müssen ergonomische, ökologische und wirtschaftliche Gesichtspunkte berücksichtigt werden. Im einzelnen ergeben sich folgende Problembereiche:

- Gewährleistung der Arbeitssicherheit
- Verminderung der psychophysischen Belastung
- Einbindung in die waldbauliche Planung
- Evaluation der geeigneten Transporttechnik
- Minimierung der Boden- und Bestandsschäden
- Gewährleistung der Wirtschaftlichkeit.

Vor diesem Hintergrund ist es das Ziel des geplanten Projektes, das konzeptionelle Design eines neuen Holzerntesystems für steile Hanglagen auf der Basis von Schreitgeräten und Vollerntertechnik zu entwickeln. Es soll als Grundlage für die weitere Entwicklung des Schreitvollernters dienen und die Einsatzkonzepte in besonderer Weise berücksichtigen. In der Hauptsache sollen drei Fragen beantwortet werden:

1. Welche Anforderungen werden an das Schreitgerät und seinen Einsatz aus forstlicher Sicht gestellt?
2. Wie könnten die technische Konfiguration eines Schreitvollernters und sein Einsatz konkret gestaltet werden?
3. Wie ist diese Lösung gesamthaft zu beurteilen und welche Chancen hat sie gegenüber konkurrierenden Holzerntetechniken?

Es erscheint nicht zuletzt aus Kostengründen wesentlich sinnvoller, das Problem mit einer systematischen Untersuchung auf theoretischer Basis anzugehen, als im Rahmen von Fallstudien mit einem Prototypen Erfahrungen zu sammeln (*prototyping*-Ansatz). Beim methodischen Vorgehen soll die Model-

lierung eine wichtige Rolle spielen. Gegebenenfalls sind für einzelne Fragestellungen und zur Demonstration der Machbarkeit Experimente mit Prototypen oder kleinmassstäblichen Modellen notwendig. Einige wichtige Schritte des methodischen Vorgehens sind:

- Stand des Wissens über Trägerplattformen für schwieriges Gelände aufarbeiten und daraus Grenzen für den Einsatz ableiten;
- Für Schreitgeräte Bewegungsstrategien in Waldbeständen am Hang – auf der Grundlage der waldbaulichen Modelle und der Transporttechnik – entwerfen und entsprechende Modelle entwickeln;
- Das Gesamtsystem eines Schreitvollernters modellieren, verschiedene Einsatzstrategien leistungs- und kostenmässig simulieren und mit konventionellen Lösungen vergleichen.

Eine frühzeitige und gründliche Abklärung der forstlichen Anforderungen an ein solches Schreitgerät eröffnet die Chance, die Entwicklung zu beeinflussen und so zu einer für den Einsatz in der Waldpflege geeigneten Maschine zu kommen. Dies ist um so wichtiger, als Schreitbagger relativ problemlos mit Vollerntertechnik ausgerüstet werden können und wahrscheinlich beim nächsten grossen Waldschadenereignis im Gebirgswald zum Einsatz kommen würden.

Eine solche Entwicklungsarbeit muss den Technikeinsatz in den empfindlichen Ökosystemen des Gebirgswaldes in besonderem Mass berücksichtigen. Insofern darf sie nicht der Maschinenindustrie und den Forstunternehmen überlassen werden.

8. Schlussbemerkungen – Forsttechnische Forschung an der WSL

Die Suche nach völlig neuartigen Ansatzpunkten zur Lösung der Probleme im Gebirgswald stellt eine Herausforderung für die forstliche Forschung in der Schweiz dar. In diesem Zusammenhang beschäftigt sich die WSL auch mit der Mechanisierung der Holzernte in Hanglagen. Die aktuelle Evaluation des Forschungsthemas gestattete es, die Lösungsidee und die auslösenden Faktoren der Untersuchung vorzustellen.

Der Ansatz, Schreitgeräte als Trägerplattformen für die Vollerntertechnik am Hang einzusetzen, ist prüfenswert und kann dazu beitragen, die Pflege und die Bewirtschaftung des Gebirgswaldes auch in Zukunft zu gewährleisten. Dabei wird nicht nur die Wirtschaftlichkeit ins Kalkül einbezogen, sondern auch die dringend notwendige Erleichterung der Waldarbeit unter schwierigen Bedingungen sowie die Umweltverträglichkeit der Holzernte in empfindlichen Ökosystemen. Aus diesen Gründen kann das Projekt auch internationale Bedeutung erlangen.

Dabei steht ausser Zweifel, dass die Risiken der Lösungsidee hoch sind und der Ansatz scheitern kann. Die forsttechnische Forschung muss aber Neu-land erkunden und den Mut haben, auch risikoreiche Ansätze zu verfolgen. Sie muss sich daher vermehrt konzeptionellen und grundlagenorientierten Aufgabenstellungen zuwenden. Sie darf nicht nur der Entwicklung in der Praxis nachlaufen und sich auf Verbesserungen im Detail beschränken.

Résumé

La mécanisation de l'exploitation des bois sur les terrains en pente – Les robots sur patins servent de châssis aux abatteuses automotrices

Sur les pentes escarpées des montagnes suisses, l'exploitation des bois pose de sérieux problèmes. Or, la mécanisation pourrait être la clé d'une solution. Il existe en effet des espèces de robots sur patins qui servent de châssis aux abatteuses-récolteuses. Cette évolution technologique doit aussi permettre de tenir compte tant des risques menaçant l'homme et l'environnement que des impératifs forestiers. Cet article décrit les raisons ayant incité le FNP à étudier ce problème. Traduction: *Monique Dousse*

Literatur

- Anonymous*, 1992: Agenda 21: Sustainable Mountain Development. Report of the United Nations Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro, 3–14 June 1992, Chapter 13, Managing fragile Ecosystems: Sustainable Mountain Development, 10 S.
- Arola, R. A.; Miyata E. S.; Sturos, J. A.; Steinhilb. H. M.*, 1981: Felling and Bunching Small Timber on Steep Slopes. USDA For. Serv., Research Paper NC-203, 12 S.
- Bekker, M. G.*, 1969: Introduction to Terrain-Vehicle Systems. Part I: The Terrain, Part II: The Vehicle. University of Michigan, Ann Arbor – the University of Michigan Press, 846 S.
- Deal, E. L.*, 1983: Steep Slope Felling and Bunching in Small Timber. In: The Small Tree Resource: A Materials Handling Challenge, Proc. 7306, FPRS, Madison, Wisconsin, S. 11–128.
- Halme, A.; Hartikainen, K.; Kärkkäinen, K.*, 1994: Terrain adaptive Motion and free Gait of a six-legged Walking Machine. Control Engineering Practice, 2: 273–279.
- Hemphill, D. C.*, 1983: Spyder Steep-Slope Feller-Buncher. LIRA technical Release 5, 2: 1–4.
- Huang, M. Z.; Waldron, K. J.*, 1990: Relationship between payload and speed in legged locomotion systems. IEEE Transactions on robotics and automation, Vol. 6, Nr. 5: 570–577.
- Kourts, P.; Strome, M.; Gougeon, F.*, 1992: Autonomous Forest Stand-Tending Robots. In: Köhl, M; Gertner, G. Z. (eds.) 1993: Statistical Methods, Mathematics and Computers. Proceedings of the Meeting of IUFRO S4.11–00 held at IUFRO Centennial Meeting Berlin/Eberswalde, August 30–September 4, 1992, Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, S. 70–78.
- Peters, P. A.*, 1991: Mechanized Felling On 40 to 100 Percent Slopes. American Society of Agricultural Engineers Meeting Presentation, Paper No. 917545, 13 S.
- Sakai, H.; Akabane, Y.; Murayame, S.*, 1991: Felling by a Five-Legged Walking-Machine. Journal of Forest Engineering, 1: 7–11.

- Schiess, P.; Schuh, D.*, 1985: Steep Slope Harvesting: The Kaiser Spyder Feller-Buncher. Proceedings, Joint Symposium of the I.U.F.R.O. Mountain Logging Section and the Sixth Pacific Northwest Skyline Symposium, University of British Columbia, Vancouver, S. 133–138.
- Schiess, P.; Schuh, D.; Miyata, S.; Mann, C.*, 1983: Concept Evaluation of a Walking Feller-Buncher the Kaiser X5M Spyder. In: Proceedings, Timber Harvesting in the Central Rockies, publ.No. XCM-87, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, S. 166–212.
- Schweitzer, G.; Werder, M.*, 1991: ROBOTRAC: a Mobile Manipulator Platform for Rough Terrain. Internat. Symposium on Advanced Robot Technology, ISART 91, Tokyo.
- Song, S.-M.; Waldron, K. J.*, 1989: Machines that walk: the Adaptive Suspension Vehicle. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 314 S.
- Strome, M.; Kourts, P.; Gougeon, F.*, 1993: Robotics for Silviculture Operations. Proceedings Forest Sector 2000 Mtg. The Application of Advanced Informatics to the Forest Industry. May 25–27, Vancouver, B.C. Forest Industries Br. ISTC, Ottawa, Ont., S. 236–241.
- Stuart, W. B.; Aust, W. M.; Lacki, H.; Andrews, L.*, 1992: Evaluation of an Adaptive Suspension Vehicle. Journal of Forest Engineering, 1: 45–55.
- Tanaka, T.; Suzuki, K.; Ichihara, A.; Fukada, A.; Asahi, K.; Endo, T.*, 1986: Simulation of Productivity on a Boom-type Feller-Buncher. Trans. Meet. Kanto Br. Jpn. Soc. 38: 257–260.
- Todd, D. J.*, 1985: Walking machines: an introduction to legged robots. Kogan Page Ltd, London, 190 S.
- Truninger, R.*, 1993: roboTRAC: A sensor supported mobile robot-manipulator for rough terrain. Interner Bericht: 10. August 1993, Institut für Robotik der Eidg. Technischen Hochschule Zürich, 12 S.
- Vischer, D.*, 1993: Robotik in Japan. 12 Tage am Tokyo Institute of Technology. ETH-Bulletin Nr.250: 38–39.
- Waldron, K. J.; McGhee, R. B.*, 1986: The Mechanics of Robots. North-Holland, Robotics 2: 113–121.
- Waldron, K. J.; Vohnout, V.; Arrie, P.; McGhee, R. B.*, 1984: Configuration Design of the Adaptive Suspension Vehicle. Massachusetts Institute of Technology, The International Journal of Robotics Research, Vol. 3, 2: 37–47.
- Waldron, K. J.; Pugh, D. R.; Vohnout, V.; Ribble, E. A.; Walliser, T. M.*, 1990: Walking Machines for the Forestry Industry. Proceedings 1. Workshop on Robotics in Agriculture and the Food Industry, Avignon, France, June 14–15: 219–228.
- Wong, J. Y.*, 1989: Terramechanics and Off-Road Vehicles. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, 251 S.
- Yong, R. N.; Ezzat, A. F.; Skiadas, N.*, 1984: Vehicle Traction Mechanics. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, 307 S.